

¿Es la cara espejo del alma?

Fisiología de la expresión facial

José María
Delgado García

Quisiera más que nada, más que sueño,
ver lo que veo.
PEDRO SALINAS

Cada vez que usted contempla su rostro en un espejo está viendo el resultado expresivo de la acción de un elevado número de músculos controlados de forma precisa y continua por el sistema motor facial que reside en su cerebro. La expresión de su cara es, en cada instante, el resultado de su estado emocional interno. Sólo usted sabe, momento a momento, cómo se siente, pero los demás tienen acceso indirecto a su mundo interior a través del reflejo que su cara ofrece de lo que acontece en su interior. Pero, antes de explicar cómo el cerebro controla la expresión facial y cuánto sabemos hoy día de la organización neuronal de los movimientos faciales, conviene dar un breve rodeo por lo que para nosotros significa entender frente a entenderse, y por lo que un fisiólogo definiría como mundo interno por oposición al concepto de mundo externo.

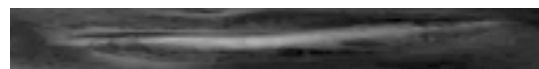
UNOS PASOS MÁS ATRÁS

Uno de los autores que ha delimitado mejor las relaciones y diferencias entre filosofía y poesía ha sido María Zambrano. Para ella, el filósofo indaga el Universo o todo lo que existe en busca del "ser oculto tras las apariencias", mientras el poeta vive en un mundo transparente, en el que deambula "sumido en esas apariencias". El filósofo trata de entender el mundo que le rodea, incluso de entenderse a sí mismo, despegándose de lo que siente y ve. El poeta, por el contrario, rebusca en su interior, quieto siempre, esperando una posible donación –de conocimiento. Zambrano se lamenta de la división

establecida por Platón, el cual reserva para los filósofos el entendimiento de lo real, mediante el pensar razonado, mientras que “el poeta debe tratar en sus poemas mitos y no razonamientos”. Pero, tal vez, sea difícil alcanzar el conocimiento absoluto por la ruta del pensamiento, se apoye o no en la experimentación. Para María Zambrano “la vista percibe la belleza que brilla, mas no puede percibir la sabiduría”.

Podría parecer innecesario este arranque introductorio a la fisiología del sistema motor facial si no fuera porque la expresión facial alcanza su mayor desarrollo evolutivo y su mayor riqueza gestual en la especie humana y porque la neurofisiología, en estos pasos iniciales del siglo XXI, ha de adentrarse con valor en el estudio de lo que hacemos, somos y sentimos. Es decir, no limitarse a describir neuronas, músculos y tendones como si de partes de un extraño se tratase, cuando se habla a fin de cuentas de uno mismo. Es necesario recordar aquí que el objetivo central de la neurociencia es la descripción comprensible de nuestro comportamiento y de nuestro pensamiento.

Vuelvo al argumento inicial. El neurocientífico de nuestros días, como el filósofo desde siempre, indaga la realidad (salvo que equipado de poderosos instrumentos de medir y contar) en busca de respuestas a preguntas elementales, pero inexpugnables casi: ¿de qué modo produce el cerebro la actividad mental?, ¿cuál es el núcleo central de una emoción? En su quehacer, el neurocientífico sale necesariamente fuera de sí. Todo lo observa desde el extremo de su electrodo de alta impedancia, o desde los objetivos tenuemente iluminados de su microscopio de enorme resolución. Incluso cuando investiga su realidad, o la de sus congéneres humanos, el neurocientífico mira y observa desde el exterior. Así, describe neuronas, centros y vías nerviosas, y hasta complejas funciones corporales de modo objetivo y desapasionado (aunque se suele irritar si otros colegas contradicen sus opiniones). Por el contrario, el poeta describe su interior, lo que siente y vive con la precisión del científico, pero también con el interés del que se juega algo importante en ese empeño. “¡No corras, vé despacio,/ que adonde tienes que ir es a ti solo!”, nos recuerda Juan Ramón Jiménez, quien, por lo demás, tenía un cierto parecido físico con Santiago Ramón y Cajal. En conclusión, para la neurociencia de nuestros días no es fácil abordar el estudio de nuestro ser interior, por la contradicción arriba reseñada; esto es, ¡porque para mirar dentro de nosotros de modo experimental hemos de salir al exterior!



MUNDO INTERNO, MUNDO EXTERNO

Le invito ahora a dar un salto en el tiempo de 3,500 millones de años y mirar en el origen de la vida sobre la Tierra. Para lo que nos interesa aquí, uno de los elementos primordiales en el origen de los seres vivos fue la aparición de la membrana plasmática, capaz de delimitar un interior extraordinariamente pequeño frente al mar inmenso en el que la vida se inició. Éste es un paso importante, porque las moléculas en disolución tienden a separarse entre sí lo más posible, siguiendo las leyes de la dilución, mientras que para que puedan existir reacciones químicas, las moléculas han de estar próximas o en contacto. Así, la membrana plasmática permite definir un espacio reducido en el que acumular de modo activo biomoléculas capaces de interaccionar entre sí por su corta proximidad. También en ese interior celular se acumuló el genoma, esto es, la compleja estructura molecular que almacena toda la información disponible en la célula y que le permite sobrevivir, reaccionar a estímulos y nutrientes, y reproducirse.

Quiero hacerle notar que, desde el inicio de la vida tal como la conocemos y entendemos hoy, el genoma o elemento rector de las actividades de los seres unicelulares se localizó en el interior celular, estando siempre bañado de protoplasma y aislado del medio externo por la membrana celular. El contacto de ese elemento central y rector de la vida celular con el mundo exterior se establece a través de la membrana plasmática. Es en esta última donde se localizan gran parte de los receptores que se encargan de informar de los cambios en luminosidad, concentración de aminoácidos e hidrogeniones, etc., que ocurren en el mundo exterior, así como de ejecutar las respuestas adecuadas. Por lo tanto, desde el comienzo de la vida la célula se constituye en una unidad funcional, compuesta de partes que cumplen tareas diferentes y dotada de un elemento central y separado del mundo exterior, que rige sus destinos.

Esta cierta ambigüedad, por la que el elemento que controla y regula las vicisitudes celulares en un medio hostil está al tiempo desconectado de éste, se mantiene a todo lo largo de la evolución de las especies y llega incluso a nosotros mismos. El cerebro de los vertebrados está, como el núcleo celular, separado del entorno físico y social, rodeado de tejidos protectores y bañado por el medio interno, es decir



por los líquidos corporales (sangre, líquido cefalorraquídeo y medio extracelular). Según la definición de Claude Bernard, el medio interno es constante en sus parámetros (temperatura, grado de acidez, concentración de iones y nutrientes, etcétera) frente al medio externo, cambiante siempre. El cerebro recibe información de lo que ocurre en el exterior a través de los receptores sensoriales, que le transducen¹ dichos cambios a un lenguaje comprensible para las neuronas: el lenguaje de los biopotenciales, de los impulsos eléctricos nerviosos. A su vez, el cerebro actúa sobre el entorno enviando órdenes neurales a los órganos efectores (los músculos, las glándulas de secreción, el órgano eléctrico en algunos peces, etcétera). Por lo tanto, el órgano gestor de las acciones animales y humanas se localiza en el interior del individuo y desde ahí lo dirige y controla.

Todavía hay un aspecto importante que destacar. El cerebro forma su propia imagen del mundo externo, físico y social; y esta imagen no tiene que ser tanto real como útil para la supervivencia. Ese mundo interno es necesariamente propio y peculiar de cada especie, y está formado por el conjunto de códigos neuronales que la adaptan a su entorno, y que permite vivir y perpetuarse en sus descendientes. Ese mundo interior de códigos y normas se pone de manifiesto hacia el exterior mediante el comportamiento, es decir, el conjunto de actos motores que hacen posible andar, saltar y hablar. Pero otro resultado de la actividad cerebral es el mundo de las sensaciones, del pensamiento, de la emoción. En este caso, todo el contenido de esas actividades cerebrales queda reservado al interior del individuo y no es fácilmente accesible a los observadores externos, sean o no de la misma especie.

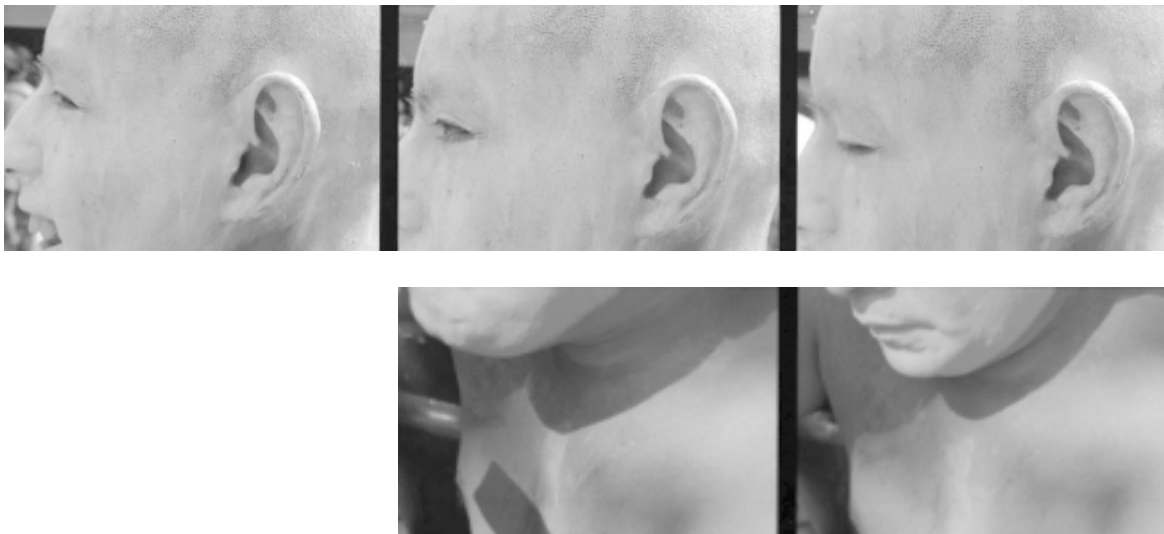
La mayor parte del acervo adaptativo de una especie se almacena en su genoma. Éste a su vez, mediante el fantástico proceso del desarrollo neuronal, se expresa en el cerebro de cada individuo. Gran parte de lo que hacemos o podemos hacer está determinado por la herencia, la cual ha sido seleccionada a lo largo del proceso evolutivo. De no ser así, nunca estaríamos bien preparados para sobrevivir. No sólo se heredan rasgos y estructuras (color de la piel, tamaño, disposición de órganos y sistemas), sino también comportamientos (gestos, habilidades motoras). Incluso en relación con las funciones cognitivas hay algo importante que decir respecto a la herencia. La actividad mental tiene una capacidad limitada, por lo que gran parte de lo que hacemos se

realiza sin un control consciente. Si tuviésemos que aprender realmente a caminar y a controlar conscientemente cada uno de nuestros pasos se nos iría la vida en ello. Todo aquello firmemente establecido por la selección de nuestra especie y de especies próximas está incrustado en el genoma, desde el ritmo circadiano a la forma de andar mediante bipedestación, y se hacen de modo casi automático. Otras funciones comportamentales y mentales están almacenadas de modo más provisional, en forma de deseos. A (casi) todos nos gusta el olor del azahar o la incansable canción del mar, pero no sabemos (ya) por qué. Quedó almacenado en el funcionamiento de nuestro cerebro, atrapado en nuestro yo interno, pero su razón primera, funcional y adaptativa, fue descubierta y razonada por nuestros antepasados y se guardó en forma de motivo para actuar, de deseo por satisfacer. Con probabilidad, es en este sentido en el que Erwin Schrödinger afirma que “nuestra vida consciente es necesariamente una lucha continua contra nuestro ego primitivo”. Nuestro yo consciente no alcanza la mayor parte de las veces a entender el mundo de los deseos y de las pulsiones internas porque su razón de ser desapareció del rastro de lo comprensible, de lo explicable.

En alguna parte de nuestro cerebro, la fruta que se deshace en la boca se ha de transformar en sabor, pero no sabemos bien dónde ocurre y, sobre todo, no entendemos todavía cómo ocurre. Tampoco sabemos gran cosa de cómo la actividad neuronal produce el estado consciente. En cualquier caso, ya dijo Albert Einstein que “lo más incomprensible del mundo es que sea comprensible”. Por una curiosa extensión argumental de lo apuntado al principio de este artículo, siempre tendemos a pensar que es más fácil de entender la materia que lo inmaterial (la mente, por ejemplo). Pero, como nuestro cerebro está hecho de la misma materia que el resto del Universo, y a este último pensamos que lo podemos entender, igual seremos capaces de entender nuestro mundo interior, con tiempo suficiente por delante. Ése es el sentido primigenio de la fisiología: la naturaleza (*physis*) es susceptible de ser entendida por la razón (*logos*).

EMOCIONES Y SENTIMIENTOS

Por definirla de alguna forma, la emoción es una agitación del ánimo, un fenómeno mental transitorio que se acompaña de correlatos vegetativos (rubor, sudor, lágrimas) y de actos motores más o menos voluntarios o conscientes. Por



© Jorge López Vela, de la serie *El retrato del cuerpo*, 1999-2001.

el contrario, el sentimiento es un estado del ánimo, un fenómeno duradero, que es difícil de captar en una expresión corporal definida. Para Jean Paul Sartre, la emoción es una conducta irreflexiva que se caracteriza por una brusca caída en lo mágico. Al menos, cualquier psicólogo o neurocientífico aceptará que la emoción como estado mental y comportamental se aleja del estado consciente dominado por lo razonable. En su teoría de las emociones, Charles Darwin apunta que el origen de las emociones hay que rastrearlo en gestos y actitudes más primitivas; por ejemplo, el gesto de amenaza en los mamíferos, incluida la especie humana, se acompaña muchas veces de enseñar los dientes, un gesto originario del acto de comer, en el que también se separan los labios ampliamente, para morder el alimento. Es como si el gesto indicase al observador que el observado le avisa que podría comérselo, morderlo al menos. Del mismo modo, la sonrisa tiene su origen, al parecer, en gestos de sumisión, fácilmente observables en el zoológico, en numerosas especies de primates.

Para Darwin, la expresión de la emoción es muy indicativa del estado interno de un sujeto, ya sea el observador un miembro de su especie o de otra con la que interacciona (cazador, presa). Y esto es así porque el estado emocional aparece en situaciones conflictivas, las que el individuo no puede controlar fácilmente de modo consciente. Es en esta situación, para Darwin, que se liberan actos motores incontrolados que informan al observador de lo que ocurre en el interior del observado. Esto es útil desde el punto de vista adaptativo, siempre que la emoción no sea fingida, por supuesto. La emoción fingida puede ser adaptativa, pero sólo por un tiempo limitado, ya que el

observador o el observado terminarán por ser descubiertos, perdiendo así su elemento sorpresa.

La emoción se expresa en tres formas distintas. En primer lugar, la emoción tiene un componente subjetivo, que corresponde a lo que el sujeto siente (ira, temor, etcétera). En segundo lugar, la emoción se traduce en una serie, no siempre exactamente igual para todos, de fenómenos vegetativos controlados sobre todo por el sistema nervioso simpático, como sudor, rubor, llanto o temblor. En tercer lugar, la postura corporal, la entonación de la voz y la expresión facial se modifican en acuerdo con la emoción que se siente. Así, el miedo se acompaña de una postura recogida, tratando de disminuir la superficie corporal, mientras que el enfado se suele acompañar de un cierto batir de los brazos.

EXPRESIÓN FACIAL

La cara en la especie humana alcanza posibilidades expresivas extraordinarias, ya que bajo la piel subyacen más de 20 (23 o 24, según autores) músculos distintos controlados por el núcleo motor facial y por la porción motora del núcleo del trigémino. Para Irenäus Eibl-Eibesfeldt, "los movimientos expresivos [faciales] son comportamientos que han experimentado diferenciaciones especiales al servicio de la emisión de señales".

Una prueba indirecta del origen común de las expresiones faciales más habituales es que todas son reconocibles por observadores pertenecientes a culturas humanas muy distintas. En la relación de expresiones faciales aceptadas o identificadas como tales por todos los miembros de nuestra especie están, según P. Ekman, las que indican los estados de alegría, tristeza, enfado, cólera, sorpresa, temor y asco. Es de señalar que en la actualidad se sabe algo más de



dónde se perciben en el cerebro los rasgos faciales y los correspondientes estados emotivos que de cómo aquél elabora las expresiones faciales correspondientes. En este último aspecto se centrará gran parte de lo que sigue en el artículo.

Hay una cierta y definitiva asimetría facial, que se corresponde también con una asimetría perceptiva. Nuestro hemisferio derecho percibe mejor el contenido emocional de la expresión facial y del tono de voz del observado, mientras que el hemisferio izquierdo se ocupa en mayor grado de descifrar el contenido abstracto y cuantificable del gesto y situación observados. De igual forma, la hemicara izquierda suele ser más expresiva que la derecha, lo que se comprueba enseñando a un grupo de observadores imágenes de un rostro completo y del mismo rostro compuesto de modo artificial de una duplicación de su mitad izquierda o de su mitad derecha. Puede que por eso Leonardo da Vinci nos presente el lado izquierdo del rostro de *La Gioconda*, como lo hacen también Velázquez en su autorretrato de *Las Meninas* y Goya con sus dos famosas majas.

EL SISTEMA MOTOR DEL PÁRPADO

Desde hace unos diez años, nuestro grupo de investigación viene estudiando la organización, cinética, propiedades en el dominio del tiempo y de la frecuencia y, por último, el control neuronal del sistema motor del párpado. Elegimos este sistema motor como modelo experimental para el estudio de cómo el sistema nervioso organiza el comportamiento por las razones que siguen.²

En el hombre, el párpado se mueve por la acción casi exclusiva del músculo orbicular de los párpados, el cual se extiende, en forma de banda circular, bajo la superficie de la piel que cubre la órbita ocular. La posición de reposo de ambos párpados es cerrada, incluso si nos colocan cabeza abajo. De hecho, los párpados permanecen abiertos durante el día por la acción mantenida del músculo elevador del párpado; esto es, del músculo de acción opuesta o antagónica a la del músculo orbicular. Si los párpados se cierran de forma pasiva, en ausencia de actividad contráctil en el músculo elevador, es por la tensión acumulada en los tendones y ligamentos estirados de forma continua por la acción de dicho músculo.

Por lo dicho hasta aquí se puede aceptar que el sistema motor del párpado es relativamente simple en su organización

muscular. Además, el párpado (salvo que se le coloquen pestañas postizas) es de carga fija: es decir, es un sistema motor al que no se le añaden cargas de peso variable, como ocurre con la musculatura de brazos y piernas. En concreto, toda la musculatura facial es de carga fija, lo que tiene cierta importancia funcional, como señalo más adelante.

Todos los sistemas biológicos evolucionan y, en esto, el sistema motor del párpado, tan aparentemente elemental y simple, no es una excepción. Haga una simple prueba: guiñe alternativamente uno y otro ojo. Verá que ese movimiento tan simple no lo puede hacer tan bien con un ojo como con el otro. Si mientras guiña un ojo aplica un dedo sobre el otro párpado notará que se cierra también, aunque menos que el que trata de cerrar de modo voluntario. El sistema motor palpebral en el hombre no es simétrico, ni completamente independiente. Cuando cerramos un párpado el otro se cierra algo también. Existe una tendencia evolutiva por la que la inervación de cada músculo orbicular de los párpados procede cada vez más de ambos lados del cerebro. En especies como el búho (¡gran guiñador!) o el lagarto, cada párpado se mueve de modo independiente. Por el contrario, nuestra especie, si sobrevive unos cuantos decenas de miles de años más, se verá en la tesitura de que casi no tendrá un movimiento independiente de los párpados. Así, en el futuro, nuestros descendientes lo tendrán difícil para entrecerrar los párpados de un ojo (como para insinuar a un/una colega), porque se le cerrarán también los del otro. Eso sí, no hay mal que por bien no venga, ya que, al mismo tiempo, será difícil asimismo apuntar con un fusil. Se habrá preguntado más de una vez por qué cambian los comportamientos, o qué razones subyacen a las distintas estrategias motoras que se observan en especies animales próximas. Ya ve, la explicación es, a veces, tan simple como la apuntada.

ALGUNOS DETALLES DE LA BIOMECÁNICA PALPEBRAL

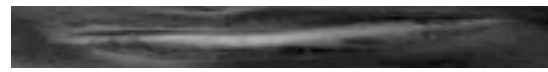
El sistema motor palpebral, y por extensión el de casi toda la musculatura facial, es diferente al de la musculatura que se inserta en los huesos. Durante el reflejo corneal el cierre inicial del párpado es muy rápido (alcanza hasta 2,000 grados por segundo, en el gato) y de duración fija (unos 20 milisegundos, también en el gato). Por lo tanto, si se quiere regular la amplitud del movimiento en función de la intensidad del estímulo, hay que hacerlo modificando la velocidad de cierre, ya que la

duración del movimiento no se puede cambiar. Esto no ocurre así con el movimiento del brazo, de los dedos o de los ojos, ya que en estos tres últimos casos, el movimiento se puede regular en amplitud, modificando tanto su velocidad de realización como la duración del mismo. Por lo demás, la velocidad y amplitud del movimiento del párpado durante el reflejo corneal⁴ tal como sucede para otras respuestas reflejas.

Si se aplica un análisis espectral, mediante la transformada rápida de Fourier o por la novedosa técnica de *wavelets*, se puede observar que, por ejemplo en el gato, el párpado tiene una frecuencia óptima de oscilación de unos 20 hertzios. Esta actividad oscilatoria no es un artefacto del sistema de registro de la posición palpebral, ni de las propiedades biomecánicas de la piel del párpado más el músculo orbicular de los párpados, sino que es el resultado de la actividad eléctrica de las motoneuronas faciales que inervan a este último.⁵ En efecto, el potencial de membrana de dichas motoneuronas en el gato oscila a 20 hertzios. Un dato muy importante es que dicha frecuencia de oscilación varía de una especie a otra en razón inversa al tamaño corporal, es decir, la frecuencia de oscilación del párpado es mayor cuanto menor es el tamaño corporal, algo muy bien descrito y conocido para otros sistemas motores, como el del corazón, por ejemplo. La relevancia funcional de estos sistemas oscilantes neurales subyacentes al sistema motor palpebral no es conocida de momento, aunque puede ser muy importante a la hora de organizar respuestas palpebrales duraderas, como ocurre con la respuesta palpebral condicionada (aprendida). La existencia de este sistema oscilador la puede observar en sus propios párpados si los trata de mantener entrecerrados por un tiempo. Notará al cabo de breves instantes que los párpados le comienzan a temblar de modo involuntario. Ese temblor palpebral en el hombre ocurre a diez veces por segundo, es decir, a la mitad de frecuencia que en el gato, por la razón que apunté más arriba.

CONTROL NEURONAL DE LOS MOVIMIENTOS PALPEBRALES

El núcleo motor facial o del séptimo par craneal se localiza en el puente o protuberancia.⁶ A él llegan terminales nerviosos desde el núcleo sensorial del trigémino, relacionados con el reflejo corneal por estímulos mecánicos, térmicos o nociceptivos. Pero también llegan vías aferentes de origen retiniano y coclear, relacionadas, respectivamente, con el reflejo corneal de origen visual o acústico. El sistema motor facial está también bajo el control de



la corteza cerebral motora e, indirectamente, de los ganglios de la base, en todo lo referente a los movimientos palpebrales voluntarios o en el parpadeo automático, respectivamente.

Por último, el sistema motor facial recibe aferencias nerviosas de distintos centros de la formación reticular troncocefálica y del sistema límbico. Estos últimos centros nerviosos participan en la activación específica de las distintas subdivisiones del núcleo motor facial para la expresión de los distintos estados emotivos (triste, alegre, asqueado, etcétera). Aunque las posibilidades motoras son infinitas en apariencia, la gestualidad que acompaña a las emociones básicas o comunes a todos los seres humanos es limitada, lo que indica la presencia de patrones de acción fijos en estos centros nerviosos, que se activan de acuerdo con cada situación emocional. Para la expresión de emociones distintas se puede utilizar el mismo músculo en mayor o menor grado. Por ejemplo, la elevación de los párpados está presente en reacciones de sorpresa y miedo, pero también en situaciones de atención, o como componente facial de una señal de saludo.

POR QUÉ LA CARA ES EL ESPEJO DEL ALMA

Habrás observado más de una vez que puede saber cuál es la posición exacta de los dedos de sus manos si necesita de verlos. Es decir, los puede, por ejemplo, cruzar y descruzar ocultos en su espalda y saber, empero, la posición que ocupan. Eso ocurre así porque la musculatura de la mano posee propioceptores que indican al cerebro el grado exacto de contracción de cada músculo. Aunque le resulte extraño, esto no es posible con los músculos de la cara. Los músculos faciales carecen, al parecer, de husos musculares, que son unos receptores sensoriales localizados dentro de los músculos y que indican el grado de estiramiento de éstos. Sin esa información, las motoneuronas faciales no pueden saber cuánto de distendido o contraído está un músculo. Dicho en término más simples, no podemos saber con exactitud la posición del párpado en cada momento. Un ejemplo ilustrativo es que si nos soplan en la región orbitaria con los párpados ya cerrados, éstos se contraen más todavía, cuando ese movimiento es del todo innecesario. Así, las motoneuronas faciales que inervan el músculo orbicular sólo envían órdenes neurales para que los párpados se cierren, pero no para que mantengan una posición determinada, sobre todo cuando el estímulo desencadenante es de origen reflejo.



Esa imposibilidad de saber con precisión la localización de cada músculo facial hace que la expresión instantánea de nuestra cara nos sea casi desconocida. Sin embargo, no lo es para el observador, y no lo sería, por supuesto, para nosotros mismos si nos pasásemos la vida ante un espejo. Efectivamente, no somos conscientes normalmente de las pequeñas asimetrías faciales (observables en todos los rostros humanos), como ligeras diferencias en la posición de las comisuras bucales o en el grado de apertura de ambos párpados. De igual manera, la expresión facial de una emoción no está del todo bajo el control motor voluntario, sobre todo por la ausencia, antes indicada, de información propioceptiva. Se estará preguntando, de seguro, cómo entonces se puede simular un estado de ánimo o imitar la expresión de una emoción. Salvo individuos muy expertos o entrenados, no se suele pasar de eso, de simular o imitar, pero nunca de reproducir el original. El observador avezado podrá detectar tales gestos como escasamente auténticos, de la misma forma que se diferencia un Picasso copiado de uno original. Por necesidad, el imitador mira y copia, lo que genera ambigüedad en el trazo y en la realización del movimiento. El gesto original sale de dentro y ni siquiera puede ser copiado plenamente por su propio autor. Esto confiere un alto valor informativo a la expresión facial como guía para el observador del estado interno, del mundo interior, del observado.

LA CARA COMO REFLEJO DE NUESTRO MUNDO INTERNO

Desde un punto de vista motor, la cara ha alcanzado un notable desarrollo expresivo en los primates, sobre todo en el hombre. El sistema motor facial está compuesto por más de 20 músculos capaces de representar distintos tipos de expresiones faciales. Sólo el párpado, controlado casi en exclusiva por dos músculos antagonistas, presenta una elaborada biomecánica y es capaz de llevar a cabo un conjunto considerable de movimientos diferentes. La expresión facial de las emociones ha seguido un complejo recorrido evolutivo, habiendo quedado perfilada en una serie de representaciones gestuales que indican distintos estados emocionales. La cara es una puerta abierta al interior del individuo, porque no existe una información sensorial, ni un control voluntario, completos de la disposición de todos sus componentes motores, esto es, de todos los músculos que le dan forma y expresividad. Por todo ello, el rostro humano es un vehículo importantísimo de comunicación no verbal.

¹ Se entiende por transducción el proceso que ocurre en los receptores sensoriales mediante el cual cualquier manifestación de la energía se transforma en biopotenciales.

² A. Guart y cols., "Kinematics of spontaneous, reflex, and conditioned eyelid movements in the alert cat", *J. Neurophysiol.*, 74, pp. 226-248, 1995. Domingo y cols., "Quantal organization of reflex and conditioned eyelid responses", *J. Neurophysiol.*, 78, pp. 2518-2530, 1997. Trigo y cols., "Role of proprioception in the control of lid position during reflex and conditioned blink responses in the alert behaving cat", *Neuroscience*, 90, pp. 1515-1528, 1999.

³ I. Gormezano y cols., "Twenty years of classical conditioning research with the rabbit", *Prog. Psychobiol. Physiol.*, 10, pp. 197-285, 1983.

⁴ El reflejo corneal de origen trigeminal es un arco neuronal bisináptico con las primeras neuronas sensoriales cuyos somas (cuerpos) en el ganglio de Gasser y que se extienden desde la piel hasta el interior del cerebro. Las segundas neuronas de este arco reflejo se localizan en distintas porciones del núcleo trigeminal (según se activen mecánico o nociceptores). Y las terceras, las motoneuronas que inervan el músculo orbicular de los párpados (*orbicularis oculi*), se localizan en la porción dorsolateral del núcleo facial.

⁵ Trigo y cols., "Discharge properties of abducens, accessory abducens, and orbicularis oculi motoneurons during reflex and conditioned blinks in alert cats", *J. Neurophysiol.*, 81, pp. 1666-1684, 1999.

⁶ Una porción del tronco del encéfalo que se localiza debajo del cerebelo.

B I B L I O G R A F Í A

- Bloom, F. E., Lazerson, A. y Holstadler, L., *Brain, Mind and Behavior*, W. E. Freeman and Co., Nueva York, 1985.
- Carlson, N. R., *Fisiología de la conducta*, Ariel Neurociencia, Barcelona, 1996.
- Darwin, C., *The expression of the emotions in man and animals*, The University of Chicago Press, Chicago, Chicago, 1965 (1872).
- Delgado García, J. M. y Mora, F.: *Emoción y motivación. Sistema límbico*, pp. 891-914, en *Manual de Neurociencia*, J.M. Delgado García, A. Ferrús, F. Mora y F. Rubia (eds.), Síntesis, Madrid, 1998.
- Duchenne de Boulogne, G.-B., *The Mechanism of Human Facial Expression*, Cambridge University Press, Nueva York, 1990 (1862).
- Eibl-Eibesfeldt, I., *Biología del comportamiento humano*, Alianza, Madrid, 1993.
- Ekman, P. (Ed.), *Darwin and Facial Expression*, Academic Press, N. Y., 1973.
- Ekman, P. y Friesen, W. V., *Facial action coding system*, Consulting Psychologists Press Inc., Palo Alto, California, 1978.
- Flórez, J., *Cerebro: el mundo de las emociones y de la motivación*, pp. 165-185, en *El cerebro íntimo*, F. Mora (Ed.), Ariel Neurociencia, Barcelona, 1996.
- Leventhal, H. y Tomarken, A. J., *Emotion: today's problems*, *Ann. Rev. Psychol.*, 37: 565-610, 1986.
- Platón, *Fedón, Fedro*, Alianza Editorial, Madrid, 1998.
- Sartre, J. P., *Bosquejo de una teoría de las emociones*, Alianza, Madrid, 1991.
- Schrödinger, E., *Mente y materia*, Tusquets, Barcelona, 1990.
- Zambrano, M., *Filosofía y poesía*, FCE, México, 1996.

José M. Delgado García es profesor de la Universidad Pablo de Olavide, de Sevilla. jmdelgar@dex.upo.es

